

SIR 1968<sup>II</sup>

**BIBLIOTHEEK  
STARINGGEBOUW**

Rapport nr. 1968

**INVLOED VAN GASDRAINAGE IN DE AFDEKLAAG VAN EEN VUILSTORT  
OP DE BEPLANTING**

W.J.M. v.d. Voort  
F.A. Wopereis

Stichting voor Bodemkartering, Wageningen, 1986



ISBN 2-901552 \*

15 DEC. 1986

VOORWOORD	7
1 INLEIDING	9
2 PROEFOPZET EN MEETMETHODEN	11
2.1 Proefopzet	11
2.1.1 Drainage proefvelden	13
2.1.2 Beplanting	14
2.2 Meetmethoden bodemlucht	15
2.2.1 Vaste meetopstelling	15
2.2.2 Draagbare sonde	17
3 RESULTATEN	19
3.1 Zuurstofgehalte	19
3.1.1 Vaste meetopstelling	22
3.1.2 Sonde	26
3.2 Reactie van beplanting	30
4 RELATIE TUSSEN BODEMLUCHTSAMENSTELLING EN REACTIE VAN BEPLANTING	35
4.1 Verschil noordhelling en zuidhelling	35
4.1.1 Resultaat noordhelling	36
4.1.2 Resultaat zuidhelling	37
4.2 Grote variabiliteit in gasaanbod	38
5 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	41
LITERATUUR	45
TABELLEN	
1 Overzicht van de 16 verschillende combinaties in gasdrainage per proefstrook	14
2 Verloop van het zuurstofgehalte op 3 diepten in de deklaag gedurende het eerste gedeelte van het groei- seizoen 1985. De gehalten zijn afkomstig van de vaste meetopstellingen op de noordhelling van het stort	20
3 Verloop van het zuurstofgehalte op 3 diepten in de deklaag gedurende het eerste gedeelte van het groei- seizoen 1985. De gehalten zijn ontleend aan de vaste meetopstellingen op de zuidhelling van het stort	21
4 Aantallen en percentages dode, gesneuvelde, slapende en levende boompjes in 16 proefvelden op de noordhel- ling van het stort	32
5 Aantallen en percentages dode, gesneuvelde, slapende en levende boompjes in 16 proefvelden op de zuidhel- ling van het stort	33

6	Relatie tussen drainmethodiek en het percentage levende boompjes na één groeiseizoen op de noord- (a) respectievelijk zuidhelling (b)	Blz. 37
---	---	------------

#### FIGUREN

1	Overzicht van de reeks proefvelden op de noord- en zuidhelling van de vuilstort	12
2	Schematische dwarsdoorsnede van een vaste meetopstelling	16
3	Schematische dwarsdoorsnede van nieuwe sonde voor het nemen van bodemluchtmonsters	18
4	Verloop van het zuurstofgehalte op 25 cm diepte in de eerste helft van het groeiseizoen 1985 in de vaste meetopstelling van de veldjes 1 t/m 16 op de noordhelling van het stort	22
5	Verloop van het zuurstofgehalte op 25 cm diepte in de eerste helft van het groeiseizoen 1985 in de vaste meetopstelling van de veldjes 1 t/m 16 op de zuidhelling van het stort	23
6	Zuurstofgehalte in de afdeklaag op 25 cm - mv. in relatie tot het verdampingsoverschot (N <sub>Helmond</sub> - Ep <sub>Eindhoven</sub> )	25
7	Vegetatiepatroon binnen veldje 16 (zuidhelling). Alleen het gearceerde deel heeft een dunne bovenlaag waarin beworteling mogelijk is. Het zuurstofgehalte ligt boven de voor plantengroei kritische grens van 10 vol.%	27
8	Frequentieverdeling van 50 zuurstofmetingen op diepte a = 10 en b = 20 cm - maaiveld in de afdeklaag van veldje 9 op de zuidhelling De metingen zijn uitgevoerd boven de drains.	29
9	Verloop van het zuurstofgehalte in veldje 9 (zuidhelling) gemeten in 2 raaien A en B haaks op de drainrichting	30
10	Momentopname van het verloop van het zuurstofgehalte met de diepte op 4 proefveldjes De metingen 1 t/m 4 liggen in vierkantsverband met zijden van 30 cm gecentreerd rond de vaste meetopstelling	39

#### FOTO'S

1	Stortheuvel waarop de drainageproefvelden zijn aangelegd	8
2	Duidelijke positieve reactie van beplanting op gasdrainage	28
3	Veld 14 Noord kamp hier nog met moeilijke aanslag in het voorjaar	34
4	Veld 14 Zuid met weelderige groei in de zomer	34
5	Veldje 16 zuidhelling. Deels zeer weelderige groei en deels kaal	38

## VOORWOORD

In 1985 is door de Stichting voor Bodemkartering in samenwerking met de N.V. RAZOB een onderzoek gestart naar de mogelijkheden om door middel van gasdrainage de samenstelling van de bodemlucht in de afdeklaag te verbeteren.

Doel ervan was voor de beplanting betere groeivoorwaarden te scheppen.

De proef is in overleg met deskundigen opgezet door de heer F.A. Wopereis. De technische realisatie was in handen van de N.V. RAZOB. De metingen zijn voornamelijk gedaan door de heer W.J.M. van der Voort.

De directeur van de  
Stichting voor Bodemkartering,

Dr.ir. F. Sonneveld



Foto 1. Stortheuvel waarop de drainageproefvelden zijn aangelegd.

## 1 INLEIDING

Meer dan de helft van al het afval komt op vuilstorten terecht. Dit zijn vaak metershoge bergen die uit esthetische overweging worden afgedekt met een laag dekgrond van 75 à 100 cm. Op de veelal steile hellingen brengt men uit landschappelijke overwegingen een beplanting aan, die tevens moet voorkomen dat de afdeklaag weer erodeert. Vaak ondervindt deze beplanting echter veel hinder van uittredend stortgas (Wopereis, 1985). Stortgas is de benaming voor een mengsel van gassen waaronder methaan en koolzuurgas, dat ontwijkt uit gestort en sterk verdicht afval. Het stortgas verdringt de bodemlucht die in de afdeklaag aanwezig is en voorkomt verder dat er voldoende zuurstof kan binnendringen. Hierdoor ontstaat er zuurstofgebrek in de afdeklaag, waardoor vaak een groot deel van de aangebrachte beplanting dood gaat (Wopereis en Dekkers, 1983).

De produktie van stortgas door het afval is een proces dat samenhangt met de moderne wijze van afvalverwerking (grote, snel opgebouwde, sterk verdichte afvalhopen). De gasproduktie komt afhankelijk van de dichtheid en samenstelling van het vuil op gang binnen één tot enkele jaren na afdekken en loopt naar alle waarschijnlijkheid tientallen jaren door. Wanneer men de afvalhopen dus niet gedurende lange tijd als kale bergen in het landschap (zie foto 1) wil laten liggen dan zal het stortgas moeten worden onderschept alvorens het in de bewortelbare zone van de beplanting komt. Een van de methoden is het centraal afzuigen uit het afval en exploiteren als energiebron. Een andere methode is het afvangen van het stortgas door middel van buizendrainage die onder in de afdeklaag is aangebracht. Deze methode, die gasdrainage wordt genoemd, is door ons in 1985 toegepast op de vuilstort te Nuenen, die wordt geëxploiteerd door de N.V. Regionale Afvalverwerkingsmaatschappij Zuid-Oost Brabant (RAZOB). De methode wordt gasdrainage genoemd vanwege de overeenkomst met de veel bekendere

drainage van bijvoorbeeld overtollig water in de grond.

In dit rapport zal nader worden ingegaan op de proef met de gasdrainage. Allereerst zullen de proefopzet en de gebruikte meetmethoden worden toegelicht. Daarna zal worden ingegaan op de resultaten (bodemplucht-samenstelling en reactie van de beplanting).

## 2 PROEFOPZET EN MEETMETHODEN

In dit hoofdstuk wordt de proefopzet nader toegelicht. Daarbij zal worden ingegaan op de verschillende gasdrainageproefvelden en op de beplanting. Na de proefopzet worden de gebruikte methodieken voor het bepalen van de samenstelling van de bodemlucht beschreven.

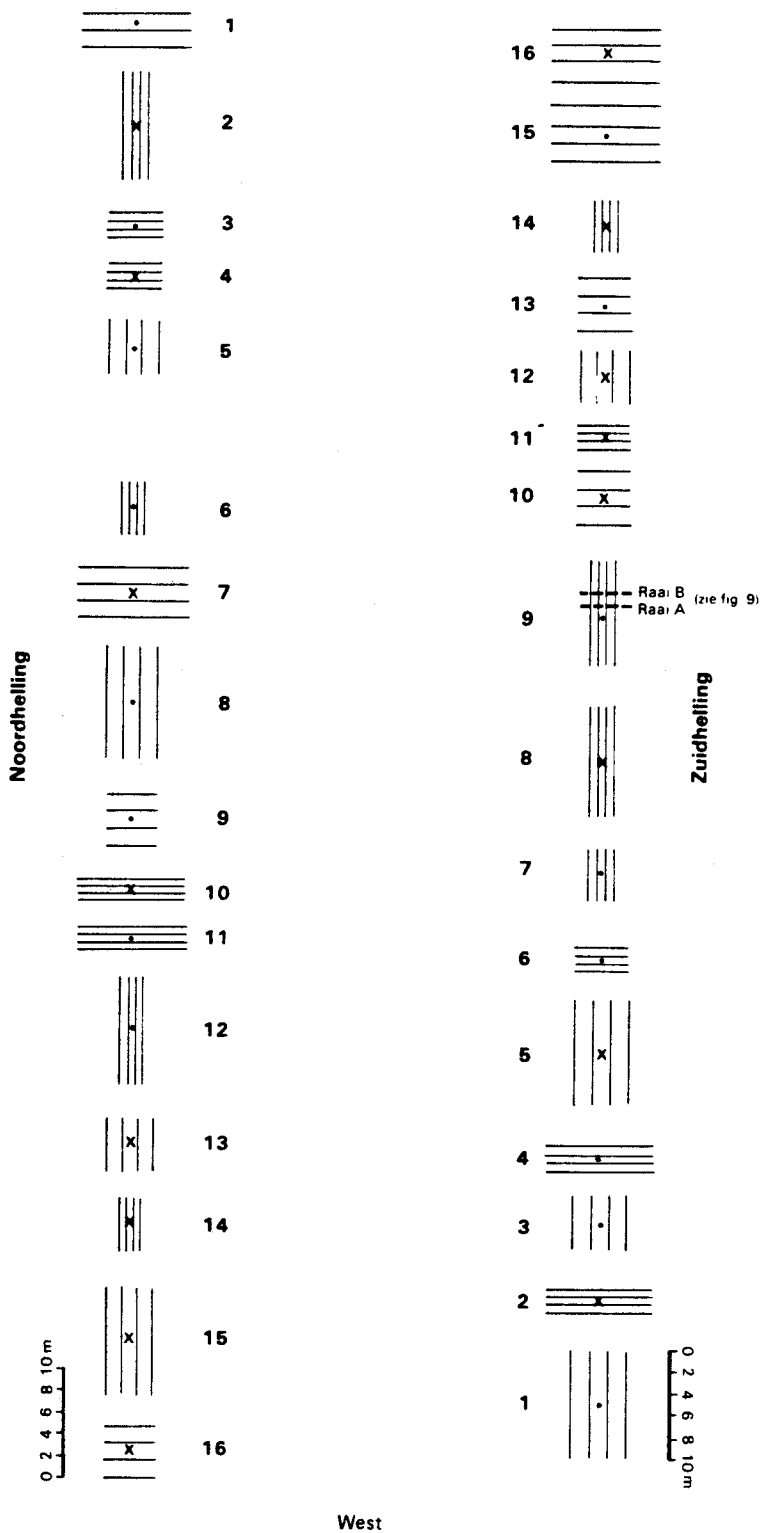
### 2.1 Proefopzet

Het doel van het onderzoek was, na te gaan of door middel van gasdrainage de zuurstofvoorziening van de afdeklaag zodanig op peil kan worden gebracht dat de aangebrachte beplanting in leven blijft en gaat groeien. Het drainagesysteem bestaat per veldje uit een stelsel van 4, evenwijdig lopende geperforeerde buizen, die ongeveer 65 cm beneden maaiveld zijn ingegraven en waarvan de uiteinden boven de grond uitsteken.

Omdat het gas, dat een geringe overdruk heeft ten opzicht van de atmosferische druk, bij de weg door de grond in de afdeklaag meer weerstand kan ondervinden dan door de drainbuis zal althans een deel van het gas gemakkelijker via de drainbuis afstromen dan door de afdeklaag. Dit afvoerproces wordt nog versterkt doordat de uitmondingen van de drain werken als een schoorsteen waardoor in de drainbuis een kleine onderdruk ontstaat. Hierdoor zal het stortgas vanuit de grond gemakkelijk de drain instromen en bovengronds kunnen worden geventileerd. Het idee om de bodemluchtsamenstelling te verbeteren door middel van buizen is ontleend aan de praktijk van groeiplaatsverbetering bij straatbomen. Uit onderzoek is namelijk gebleken dat de kwaliteit van de bodemlucht in plantgaten bij bomen aanmerkelijk verbetert als gebruik wordt gemaakt van ventilatiedrains (drains met >5% perforatie) en men de uiteinden van deze drains boven de grond laat uitsteken.



Oost



24 9 86

Fig. 1. Overzicht van de reeks proefvelden op de noord- en zuidhelling van de vuilstort.

Omdat vooraf onbekend was wat de invloed van de intensiteit, lengte, richting etc. van de drains op de luchthuishouding is, zijn twee reeksen van 16 drainageproefvelden aangelegd (fig. 1). De inrichting van deze drainageproefvelden wordt in de volgende paragraaf beschreven. Daarna wordt de beplanting besproken die op de afdeklaag is aangebracht.

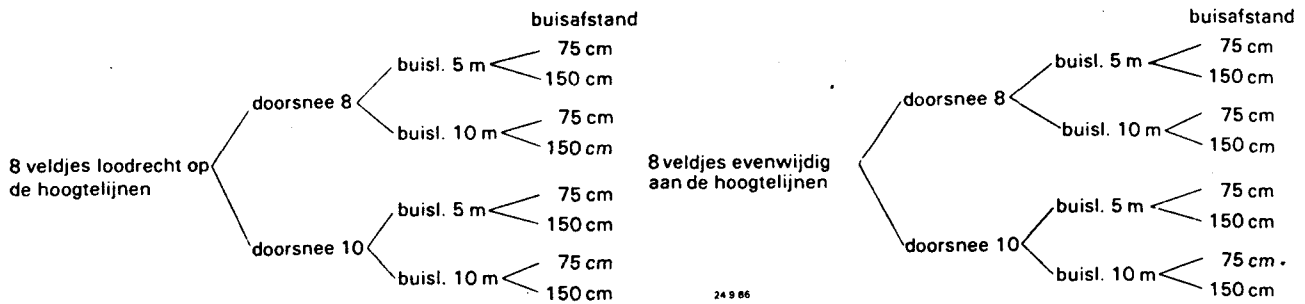
#### 2.1.1 Drainageproefvelden

De drainageproefvelden zijn aangelegd op een recent afgewerkte storthoop van de RAZOB te Nuenen. Deze storthoop heeft een oost-west ligging waardoor grote delen van de stort een helling hebben die op het noorden en het zuiden is gericht. De hellingen van de stort hebben een hellingshoek die kan oplopen tot 30 à 40°. De verschillende proefvelden zijn naast elkaar aangelegd in een strook halverwege de helling. De strook loopt dus parallel aan de hoogtelijnen. Zowel op de noord- als de zuidhelling is een strook met dezelfde proefveldjes aangelegd. Het is namelijk mogelijk dat op de zuidhelling, die meer zonnestraling ontvangt, de hoeveelheid uittredend gas groter zal zijn.

De drainageproef op elke strook bestaat uit vier objecten, die onderling verschillen in richting, diameter, lengte en afstand van de drainbuizen. Binnen deze objecten komen telkens nog twee variaties voor zoals te zien is in tabel 1. Vier objecten in twee varianten =  $4^2$  = totaal dus 16 verschillende combinaties per strook.

De kleinste veldjes zijn 5 x 2,25 mtr., de grootste meten 10 x 4,5 mtr.

De proefstrook op de zuidhelling bevat dezelfde proefcombinaties als de proef op de noordhelling. Ze verschillen in expositie t.o.v. de zon, d.w.z. in vochtbehoefte en hebben een andere lotingsvolgorde.



Tabel 1. Overzicht van de 16 verschillende combinaties in gasdrainage per proefstrook.

De richting van de drainbuizen is evenwijdig met of loodrecht op de hoogtelijnen. Het is namelijk denkbaar dat de drainbuizen, die onder een helling liggen (loodrecht op de hoogtelijnen) daardoor meer gas afvoeren dan horizontaal liggende buizen. Omdat wijde en korte buizen sneller gas kunnen verwerken dan lange nauwe (minder weerstand); zijn drainbuizen van 5 en van 10 meter toegepast en is er variatie gemaakt in diameter.

Naarmate de onderlinge afstand tussen de drainbuizen in de grond kleiner wordt, zal er meer gas via de drainbuizen kunnen worden afgevoerd.

Er is een nauwe afstand van circa 75 cm en een wijde afstand van circa 150 cm toegepast.

### 2.1.2 Beplanting

Nadat op beide hellingen alle 16 proefvelden waren gedraineerd, zijn integraal over beide proefstroken 2000 stuks *Salix Capria* (zandwilg) ingeplant in een plantverband van 1 x 1 m. Met deze beplanting wordt beoogd het effect van de drainage te visualiseren. De verwachting is dat de boompjes positief op de drainage zullen reageren en wel beter naarmate de drainafstand nauwer, de diameter groter, de buislengte korter en de hoek die de buis met de horizontaal maakt groter is. De ingeplante stroken overlappen ruimschoots de gasdrainageproefvelden en deze overlap fungeert tevens als nulobject.

Gekozen is voor zandwilgen omdat deze goed bestand zijn tegen droogte. Het vochtleverend vermogen van de deklaag is namelijk, indien we de aanvankelijk geringe bewortelingsdiepte in beschouwing nemen, klein.

## 2.2 Meetmethoden bodemlucht.

Om na te gaan hoe groot de invloed van de gasdrainage is, is op elk van de proefveldjes op verschillende data en diepte het zuurstofgehalte gemeten. Voor het bepalen van het zuurstofgehalte van de bodemlucht moeten ondergronds bodemluchtmonsters worden genomen. Deze bodemluchtmonsters moeten liefst zo klein mogelijk zijn om de situatie op een bepaalde diepte zo nauwkeurig mogelijk te kunnen weergeven. Deze bodemluchtmonster-tjes worden via een plastic slang of sonde bovengronds in een instrument geleid, dat het zuurstofgehalte meet. Het aanzuigen van de bodemlucht gebeurt met behulp van een rubber knijpbal die aan de zuurstofindicator is bevestigd. In de zuurstofindicator wordt het luchtmonster via een teflonmembraam in een zichzelf opladende electrolytische cel gevoerd. De in de cel geproduceerde stroom is direct afhankelijk van de hoeveelheid ingevoerde zuurstof. Het zuurstofgehalte kan daardoor direct op de meter worden afgelezen.

Binnen een proefveld kunnen bodemluchtmonsters worden genomen op een vaste plaats en diepte(n) (vaste meetopstelling) of op verschillende plaatsen en diepte(n) met behulp van een draagbare sonde. Beide methoden zijn voor dit onderzoek gebruikt en zullen hierna worden beschreven.

### 2.2.1 Vaste meetopstelling

De vaste meetopstelling is een voorziening in de grond waaraan regelmatig gedurende een langere periode op dezelfde plaats

metingen kunnen worden gedaan. De voor dit onderzoek gebruikte opstelling bestaat uit een klein stukje plastic electriciteitspijp (lengte 4 cm), waarin aan één kant een doorboorde rubberstop is aangebracht. Door deze stop is een dun plastic slangetje gestoken iets langer dan de bemonsterde diepte, dat uitkomt op de monsterplek. Deze opstelling wordt als volgt in de grond gebracht. Met een steekboor wordt een gat gemaakt tot de gewenste diepte, hierin wordt een laagje fijn filtergrind aangebracht (fig. 2). Met de open kant naar onderen wordt dit plastic pijpje op het filtergrind gezet en er vervolgens iets ingedrukt.

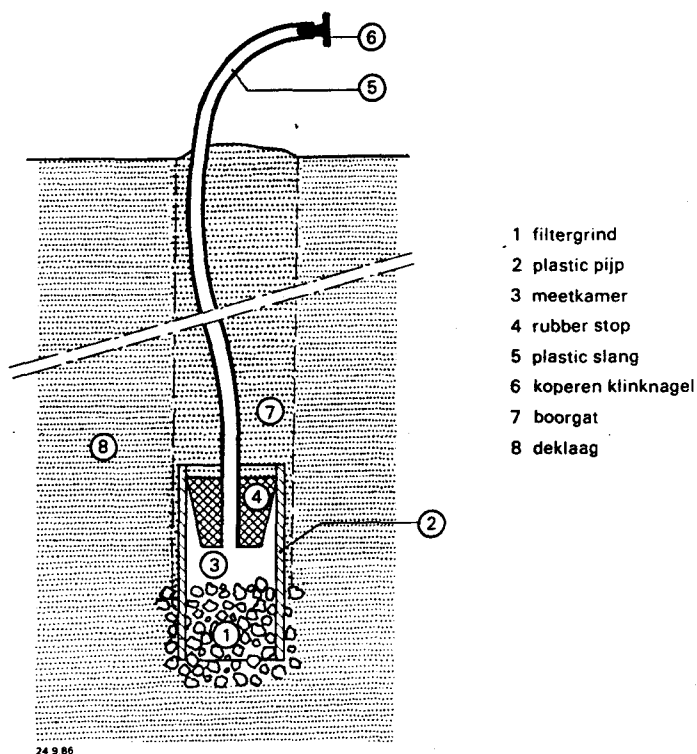


Fig. 2. Schematische dwarsdoorsnede van een vaste meetopstelling.

Op deze wijze maakt men op een bepaalde diepte in de grond een kleine open ruimte (inhoud 1 à 3 cm<sup>3</sup>) de zogenaamde meetkamer, die zich later met bodemlucht vult. Vervolgens wordt het gat weer dichtgemaakt en goed aangedrukt, terwijl het plastic slangetje, dat met de meetkamer verbonden is, boven de grond uitsteekt. Dit plastic slangetje is flexibel maar toch voldoende stevig om niet in de grond te worden dichtgedrukt. Bovengronds wordt het plastic slangetje afgesloten met een passende klinknagel.

Bij een meting van het zuurstofgehalte wordt de klinknagel verwijderd en wordt het plastic slangetje in of over een slangetje geschoven dat verbonden is met de draagbare zuurstof-indicator. Door in een rubber bal te knijpen wordt onderdruk opgewekt en bodemlucht vanuit de meetkamer door dit slangetje gezogen en door de zuurstofindicator geleid.

De slangetjes van de afzonderlijke kamers zijn om verwisseling te voorkomen bovengronds gemerkt met gekleurde tape.

In het centrum van elk gasdrainageproefveld is één vaste meetopstelling aangebracht. Dit impliceert dat de vaste meetopstelling geacht wordt representatieve waarden te geven voor een veldje, waarvan de oppervlakte afhankelijk van de combinatie van de objecten ligt tussen 11 en 45 m<sup>2</sup>.

De lokatie van de vaste meetopstelling wordt in figuur 1 door middel van een punt of kruisje weergegeven.

### 2.2.2 Draagbare sonde

Behalve zuurstofwaarnemingen met de vaste meetopstellingen zijn ook metingen gedaan met een draagbare sonde. Een sonde maakt het mogelijk op eenvoudige wijze op verschillende plaatsen en variabele diepte binnen een proefveld metingen te verrichten.

Een sonde is een holle pijp die tot de gewenste diepte in de grond wordt geslagen of gedrukt en waardoor via onderdruk een bodemluchtmonster kan worden afgezogen. Recent is een nieuwe sonde ontwikkeld en beschreven (Van der Voort, 1986). De sonde (fig. 3) kan met de hand in de grond worden gedrukt tot de gewenste diepte. Met een meter, aangesloten op de afzuigopening van de sonde, kan de samenstelling van de bodemlucht worden vastgesteld.

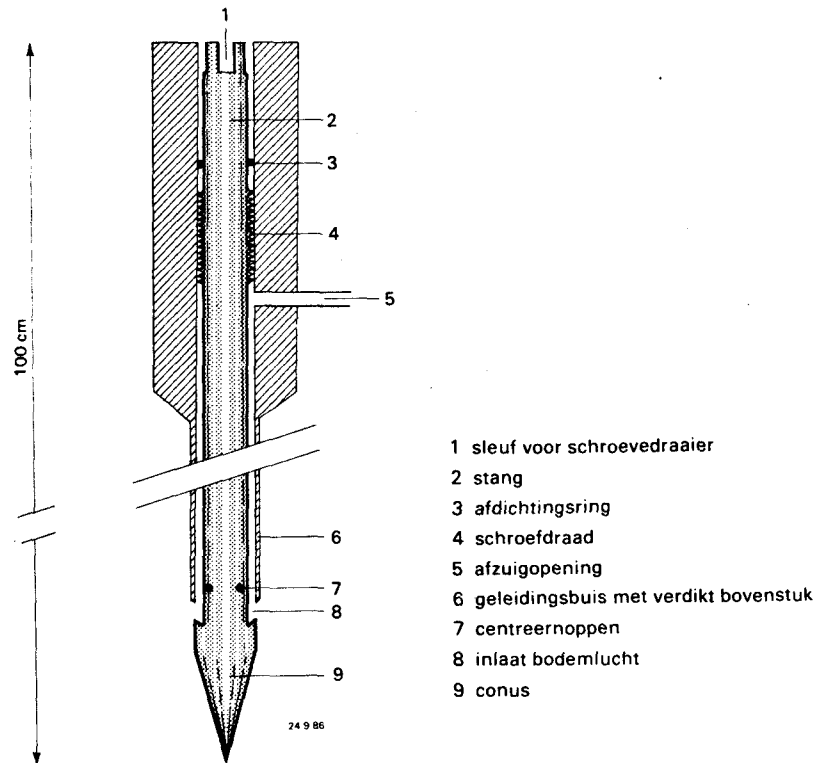


Fig. 3. Schematische dwarsdoorsnede van nieuwe sonde voor het nemen van bodemluchtmonsters.

### 3 RESULTATEN

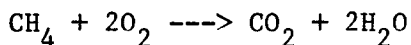
In dit hoofdstuk zal achtereenvolgens worden ingegaan op de resultaten van de metingen van het zuurstofgehalte in de deklaag, zoals die verkregen zijn uit de vaste meetopstelling en de sonde. Daarna zal worden ingegaan op de reactie van de beplanting.

#### 3.1 Zuurstofgehalte

Voor de opname van water en voedingsstoffen hebben plantenwortels zuurstof nodig. Onder ideale omstandigheden is het zuurstofgehalte van de bodemlucht ongeveer gelijk aan het zuurstofgehalte van de atmosferische lucht. Deze laatste bevat ongeveer 21% zuurstof. Het zuurstofgehalte van de bodemlucht kan door geremde diffusie, (slemp, bestrating, natheid) of verhoogd zuurstofverbruik door bodemorganismen aanzienlijk lager zijn dan het zuurstofgehalte van de atmosferische lucht.

Het zuurstofgehalte in de deklaag wordt bepaald door:

- de gasproductie in het stort; deze is tamelijk constant in de tijd (Beker, 1981)
- de doorlatendheid voor gas van het onderliggende substraat
- vochtgehalte van de afdeklaag (neerslag)
- de metabolische activiteiten van de plantenwortels
- de methaanoxidatie door bacteriën volgens de formule



Voor de groei van straatbomen wordt een zuurstofgehalte van de bodemlucht van 10% als minimum aangehouden (Wopereis, 1985). Dat wil echter niet zeggen, dat bij een zuurstofgehalte <10% helemaal geen groei meer mogelijk is. Deze is echter wel vaak sterk belemmerd.

In het onderstaande worden achtereenvolgens beschreven de resultaten van de vaste meetopstellingen en die van de draagbare sonde.



Tabel 2 Verloop van het zuurstofgehalte op drie diepten in de deklaag gedurende het eerste gedeelte van het groeiseizoen 1985. De gehalten zijn afkomstig van de vaste meetopstellingen op de noordhelling van het stort.

Veld	Diepte	april		mei			juni			juli
		19	26	3	10	24	3	18	25	2
1	25 cm	7	2	1	1	1	2	4	5	3
	45	8	2	1	1	1	3	6	6	5
	65	9	3	2	2	2	3	10	8	6
2	25 cm	8	2	1	1	1	3	6	4	5
	45	9	2	1	2	-	3	8	4	6
	65	8	3	2	4	-	16	19	19	-
3	25 cm	10	2	1	2	-	3	5	4	5
	45	10	2	1	2	-	4	7	4	6
	65	10	3	2	2	-	4	9	6	7
4	25 cm	9	2	1	3	-	4	7	5	7
	45	9	2	1	2	-	4	8	5	7
	65	7	3	2	2	-	4	9	7	8
5	25 cm	10	3	2	2	-	3	7	6	7
	45	7	3	2	2	-	4	7	7	8
	65	8	4	2	2	-	4	9	8	8
6	25 cm	8	3	2	3	-	4	7	7	8
	45	8	4	2	3	-	4	9	8	9
	65	7	4	3	3	-	4	9	5	8
7	25 cm	6	3	2	3	-	4	9	11	8
	45	7	3	2	3	-	4	8	8	8
	65	7	4	2	3	-	5	10	10	9
8	25 cm	7	4	3	3	-	3	9	9	7
	45	7	4	3	3	-	3	10	9	7
	65	6	5	3	4	-	4	10	9	8
9	25 cm	6	4	3	4	-	4	8	8	7
	45	7	4	3	6	-	15	15	-	-
	65	6	5	3	6	-	5	9	9	8
10	25 cm	6	7	3	8	-	11	10	9	6
	45	6	7	6	14	-	4	10	10	7
	65	-	-	-	-	-	4	10	9	7
11	25 cm	10	4	3	15	-	5	10	11	3
	45	8	6	3	5	-	4	9	10	3
	65	4	3	3	5	-	5	10	10	4
12	25 cm	7	6	4	8	-	5	9	11	4
	45	8	3	2	4	-	4	8	8	5
	65	-	-	-	5	-	5	10	10	5
13	25 cm	6	3	2	5	-	4	8	8	4
	45	6	3	3	5	-	5	10	9	5
	65	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	25 cm	5	3	3	-	-	4	8	8	4
	45	6	3	3	-	-	5	9	9	5
	65	8	4	3	-	-	6	11	11	6
15	25 cm	6	3	3	-	-	4	8	8	4
	45	7	4	3	-	-	5	9	9	5
	65	7	5	4	-	-	6	11	11	6
16	25 cm	8	3	3	-	-	4	9	9	5
	45	8	4	3	-	-	5	9	9	5
	65	-	-	-	-	-	6	11	12	6

Tabel 3 Verloop van het zuurstofgehalte op drie diepten in de deklaag gedurende het eerste gedeelte van het groeiseizoen 1985. De gehalten zijn ontleend aan de vaste meetopstellingen op de zuidhelling van het stort.

Veld	Diepte	april			mei			juni			juli
		12	19	26	3	10	24	3	18	25	2
1	25 cm	2	8	3	2	2	1	2	4	4	2
	45	1	10	2	1	1	1	3	5	4	2
	65	2	10	4	2	1	2	3	7	6	3
2	25 cm	2	10	4	1	1	2	3	6	4	2
	45	2,5	10	4	1	1	2	3	7	5	3
	65	19	18	6	4	3	18	5	8	6	3
3	25 cm	2,5	10	2	2	1	2	3	5	5	2
	45	2,5	10	3	1	1	2	4	7	6	3
	65	3	10	4	1	1	2	4	7	7	4
4	25 cm	8	8	3	1	1	2	4	5	5	4
	45	19	20	20	20	20	20	21	20	20	21
	65	6	9	3	1	1	2	3	6	4	3
5	25 cm	3	9	3	1	1	2	7	6	5	3
	45	3	9	3	1	1	2	3	4	6	3
	65	2	10	4	2	1	2	4	6	7	4
6	25 cm	4	10	3	1	1	2	3	5	5	3
	45	18	10	5	2	9	2	8	5	6	4
	65	4	10	3	2	1	2	3	6	8	5
7	25 cm	-	-	-	-	-	3	3	6	8	4
	45	5	9	3	1	1	2	3	8	9	6
	65	4	9	4	2	1	3	4	9	10	6
8	25 cm	18	10	3	1	1	2	3	7	9	6
	45	19	10	4	1	1	2	3	8	10	8
	65	13	9	4	2	1	2	3	9	10	8
9	25 cm	3	9	3	1	1	3	8	11	13	6
	45	5	8	3	1	1	2	3	9	9	7
	65	4	8	4	2	1	3	4	9	9	8
10	25 cm	-	9	3	2	1	2	3	10	9	7
	45	-	8	4	2	1	2	3	9	8	7
	65	-	9	4	2	1	2	3	9	9	8
11	25 cm	-	9	3	2	4	2	3	9	9	7
	45	-	11	4	2	1	3	5	10	10	8
	65	-	9	4	2	1	2	4	10	9	8
12	25 cm	-	9	4	2	1	2	3	9	8	8
	45	-	9	4	2	1	2	3	10	10	8
	65	-	9	4	3	1	2	4	10	10	8
13	25 cm	-	-	-	-	1	2	3	8	9	8
	45	-	8	4	3	2	2	4	9	10	8
	65	-	8	4	3	3	2	4	9	10	8
14	25 cm	-	9	4	3	3	2	4	9	9	8
	45	-	8	4	3	3	2	4	9	9	8
	65	-	8	4	3	3	2	5	10	9	9
15	25 cm	-	10	3	2	2	2	4	9	8	7
	45	-	9	4	2	2	2	4	9	8	7
	65	-	10	4	3	3	2	4	9	8	7
16	25 cm	-	-	6	2	7	14	14	15	7	17
	45	-	-	-	-	-	15	13	14	7	16
	65	-	8	4	3	3	3	9	8	8	6
C-object	25	-	-	-	-	1	1	3	3	3	2
	45	-	-	-	-	2	2	3	3	3	2
	65	-	-	-	-	2	2	3	4	5	2

### 3.1.1 Vaste meetopstelling

Vanaf ongeveer half april tot begin juli zijn in de vaste meetopstellingen op drie verschillende diepten maximaal tien keer zuurstofmetingen gedaan. De data en resultaten van de metingen zijn aangegeven in tabel 2 en 3. Aangezien echter naderhand bleek dat met het zuurstofgehalte op 25 cm diepte de invloed op de begroeiing al te beschrijven is, blijven de  $O_2$  metingen betrekking hebbend op de diepten 45 en 65 cm verder buiten beschouwing, tenzij anders vermeld. De beschrijving van de resultaten van de vaste meetopstellingen op de noord- en zuidhelling doen we aan de hand van figuur 4 en 5.

#### Noordhelling

In fig. 4 valt op dat het verloop van het zuurstofgehalte in de veldjes 1 t/m 9 en 14 t/m 16 sterk afwijkt van het verloop in de veldjes 10 t/m 13.

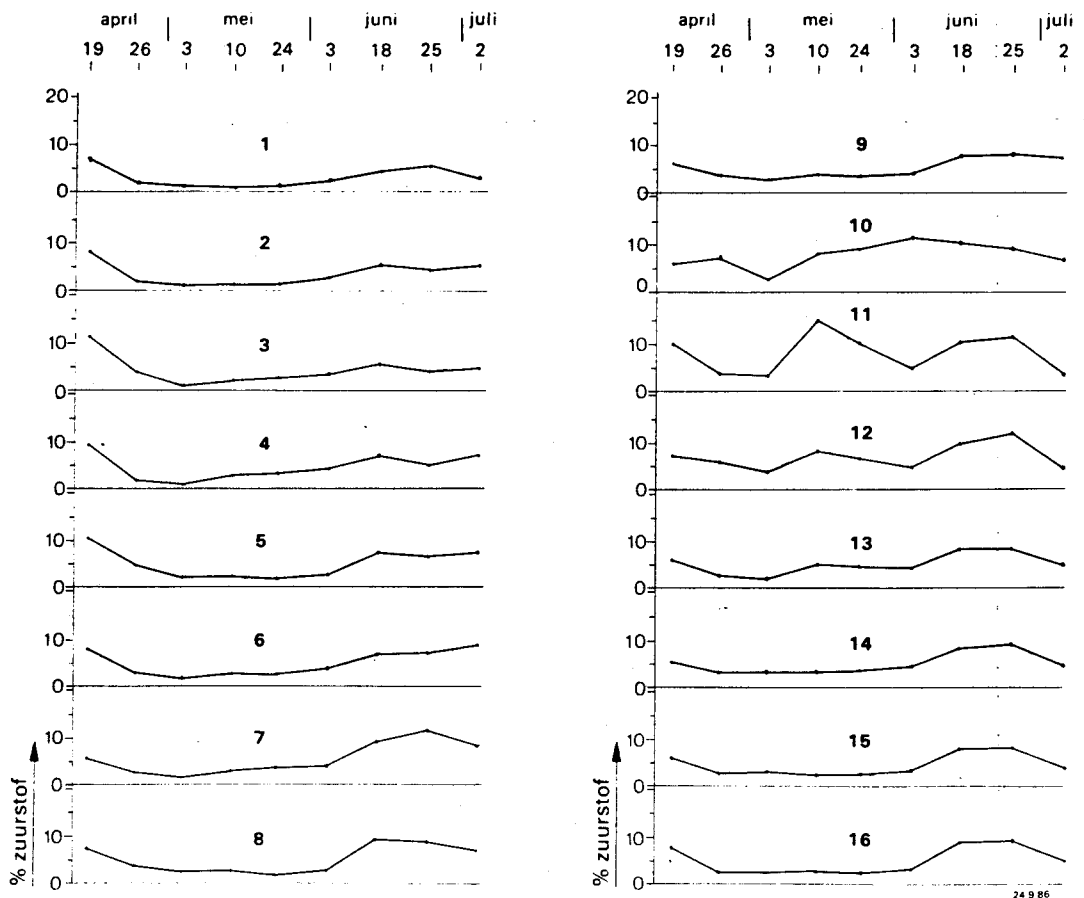


Fig. 4. Verloop van het zuurstofgehalte op 25 cm diepte in de eerste helft van het groeiseizoen 1985 in de vaste meetopstelling van de veldjes 1 t/m 16 op de noordhelling van het stort.

De verschillen zijn vooral opmerkelijk in de maand mei, waar vooral veldje 11 een zeer uitgesproken piek vertoont in het zuurstofgehalte.

Bij de meting op 18 juni reageren alle veldjes praktisch hetzelfde (trend een lichte stijging van het  $O_2$  gehalte).

Opmerkelijk is daarna de sterke terugval van het zuurstofgehalte op de veldjes 1 t/m 16. De terugval begint bij de voorlaatste meting op 25 juni. Een verklaring voor dit verschil tussen de veldjes 1 t/m 9 en de overige veldjes is niet te geven. Het lijkt erop dat de veldjes 1 t/m 9 door hun grote overeenkomst in het  $O_2$  verloop (gedurende een deel van het groeiseizoen) of een vrij uniform afdekkend pakket hebben en of een in de tijd gezien vrij homogene gasemissie vanuit het stort.

#### Zuidhelling

Bij de aanvang van het meetseizoen lag op 25 cm diepte het zuurstofgehalte van alle veldjes op de zuidhelling (fig. 5)

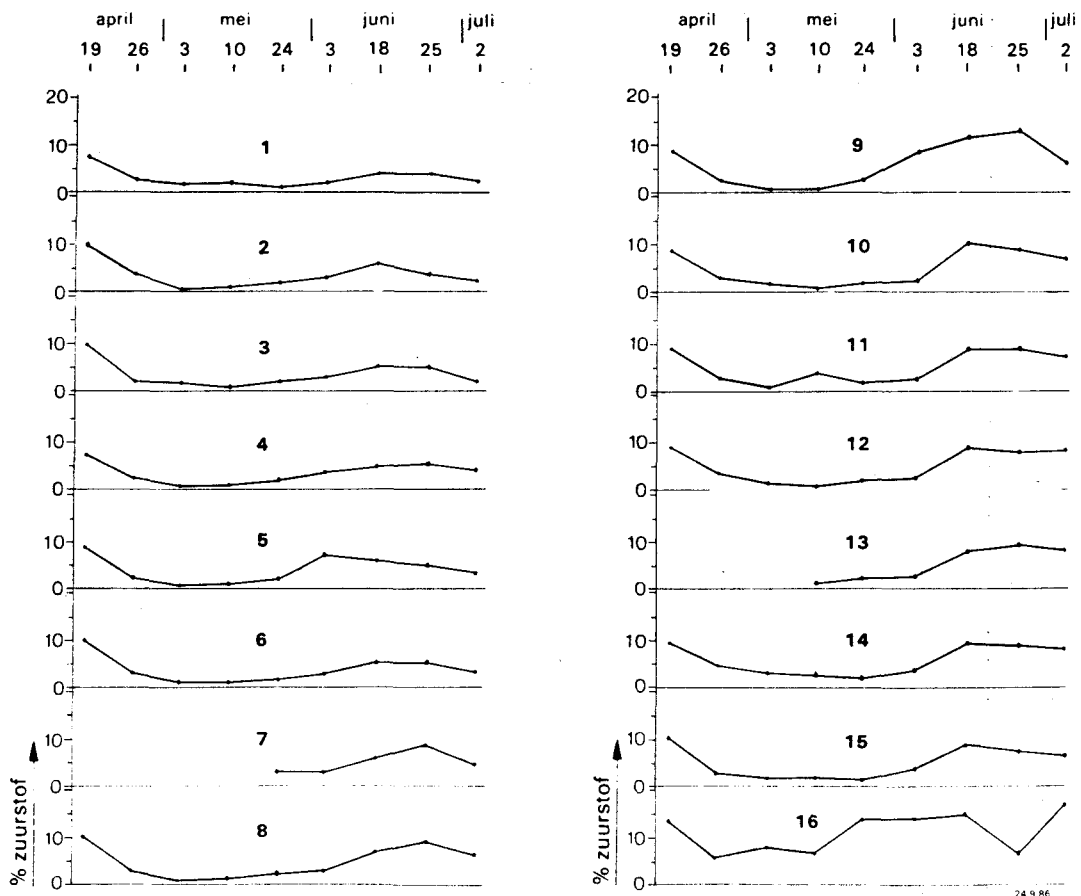


Fig. 5. Verloop van het zuurstofgehalte op 25 cm diepte in de eerste helft van het groeiseizoen 1985 in de vaste meetopstelling van de veldjes 1 t/m 16 op de zuidhelling van het stort.

tussen 8 en 12% zuurstof, tegen gemiddeld 5 à 10% op de noordhelling. Na 19 april trad op alle veldjes uitgezonderd no. 16 een scherpe daling in van het zuurstofgehalte tot 1 à 2% op.

Het laagst gemeten gehalte op veldje 16 was 6% zuurstof. Alle metingen in mei zijn extreem laag. In het begin van juni gaan de gehalten weer wat omhoog. Zij bereiken hun hoogste waarden in de maand juni. Bij de veldjes 1 t/m 6 bedraagt die hoogste waarde echter dan nog maar ongeveer 5% zuurstof. Bij veldje 7 en 8 en 10 t/m 15 is dat 5 à 10% zuurstof. Alleen bij de veldjes 9 en 16 zijn waarden boven de 10% gemeten. Daarna gaan deze gehalten weer iets omlaag. Alle zuurstofgehalten hebben op de zuidhelling ongeveer hetzelfde verloop met uitzondering van veld 16. Omdat het vaste meetpunt in veld 16 toevallig op de grens ligt van het begroeide en onbegroeide deel is met behulp van de sonde nagegaan of en in hoeverre een vast meetpunt representatief genoemd kan worden voor een proefveldje. In paragraaf 4.2 zal blijken dat het zuurstofgehalte in de afdeklaag op korte afstand en met de diepte erg fluctueert.

Een vaste meetopstelling zegt dus in feite nog weinig over het zuurstofgehalte van de bodemlucht in een proefveld.

Op de zuidhelling ligt 15 m ten westen van veldje 1 nog een vaste meetopstelling in een niet gedraineerde en niet beplante omgeving. Deze opstelling hebben we voor het eerst gemeten op 10 mei. Het zuurstofverloop is praktisch identiek aan dat van de veldjes, alleen het niveau ligt veel lager. Een bewijs, dat gasdrainage een positieve bijdrage levert aan de verbetering van de zuurstofvoorziening in de afdeklaag.

Een ander bewijs dat de gasdrainagebuizen ook werkelijk gas afvoeren kan men geven door het uitstromende gas aan te steken.

Bij sommige drainbuizen kan alleen door de uitstroomopening af te sluiten de vlam gedoofd worden. Een ander zichtbaar bewijs van gasafvoer is op koude dagen de condensatie van waterdamp tegen de binnenwand van de drainuitmonding bovengronds. Gas uit vuilstort heeft een vrij hoge temperatuur en bevat veel waterdamp. Bij uitmonding van de drain koelt dit gas af en condenseert een gedeelte van de waterdamp.

## Weersinvloed

In fig. 6 is het zuurstofgehalte op 25 cm diepte in de afdeklaag uitgezet tegen de resultante van neerslag minus verdamping. Het beeld van de zuurstofcurve (getrokken lijn) loopt niet consequent tegengesteld aan dat van de weercurve (onderbroken lijn).

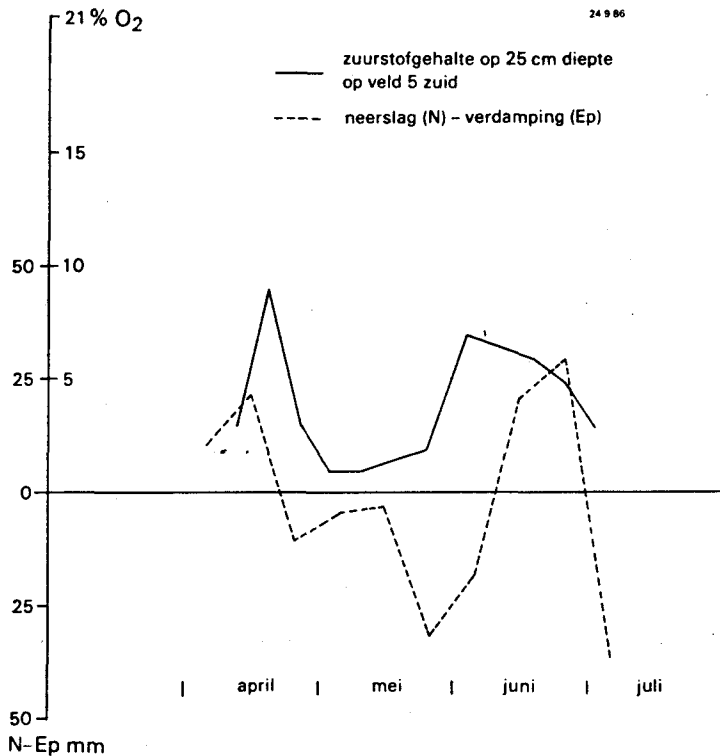


Fig. 6. Zuurstofgehalte in de afdeklaag op 25 cm - mv. in relatie tot het verdampingsoverschot ( $N_{\text{Helmond}} - E_{\text{Eindhoven}}$ ).

Een aantal factoren zal hier debet aan zijn zoals:

1. lokale afwijkingen in het neerslagpatroon (buien);
2. extra zuurstofconsumptie door methaanoxyderende bacteriën;
3. te hoge volumefractie vocht (veldcapaciteit) door het ontbreken van wortelactiviteit in de deklaag.

Dit blijkt o.a. doordat in de 2<sup>e</sup> en 3<sup>e</sup> decade van mei als neerslag en verdamping praktisch met elkaar in evenwicht zijn (geen extra toevoer van water) toch geen verbetering optreedt in het zuurstofgehalte van de deklaag.

Vanaf de 2<sup>e</sup> decade in mei is er wel een duidelijk verband tussen zuurstofgehalte en de resultante van neerslag minus verdamping (N-Ep).

Als de verdamping de neerslag overtreft komt dit tot uiting in een lichte stijging van het  $O_2$  gehalte van 3 naar 7%. Omgekeerd ziet men in de 2e helft van juni bij een neerslagoverschot van  $\pm 30$  mm per decade de zuurstofgehalten weer kelderen naar 3%.

### 3.1.2 Sonde

Tijdens de onderzoeksperiode bleek er binnen een aantal veldjes een grote variatie in begroeiing voor te komen. Deze verscheidenheid werd niet weerspiegeld in de metingen van de vaste meetopstelling.

Er ontstond behoefte aan een meer gedetailleerd beeld van de ruimtelijke variatie in zuurstofgehalte binnen één proefveldje.

Besloten is om met behulp van de sonde (genoemd in 2.2.2) twee veldjes in detail op zuurstofgehalte te karteren.

Dit onderzoekje is uitgevoerd op de veldjes 9 en 16 (zuidhelling).

In veldje 16 waar de drains loodrecht op de hoogtelijnen liggen, zijn met de sonde telkens om de meter in de drainsleuf op drie verschillende diepten (25, 45 en 65 cm) metingen gedaan. Bovendien is de vaste meetopstelling in dit veld ook gelijktijdig gemeten om het resultaat te vergelijken met de metingen van de sonde. De resultaten van deze metingen en de plaats ervan is aangegeven in figuur 7.

Tussen de cijfers zijn lijnen getrokken om gebiedjes af te grenzen met meer en minder dan 10% zuurstof op 25 cm diepte. In de hoogst gelegen helft van proefveld 16 komt overwegend meer dan 10% zuurstof voor. De vaste meetopstelling ligt net binnen het vlak met 10% zuurstof op 25 cm diepte. In de onderste helft geven op één uitzondering na alle metingen een zuurstofgehalte van minder dan 10% zuurstof aan. Uit de cijfers blijkt dat het vaste meetpunt met 15% zuurstof op 25 cm slechts informatie geeft over een zeer klein gebied rond de vaste opstelling. Een paar meter ervandaan komt nog maar 4% zuurstof voor.

## RAZOB zuidhelling veld 16 11 juli 1985 zuurstofmetingen

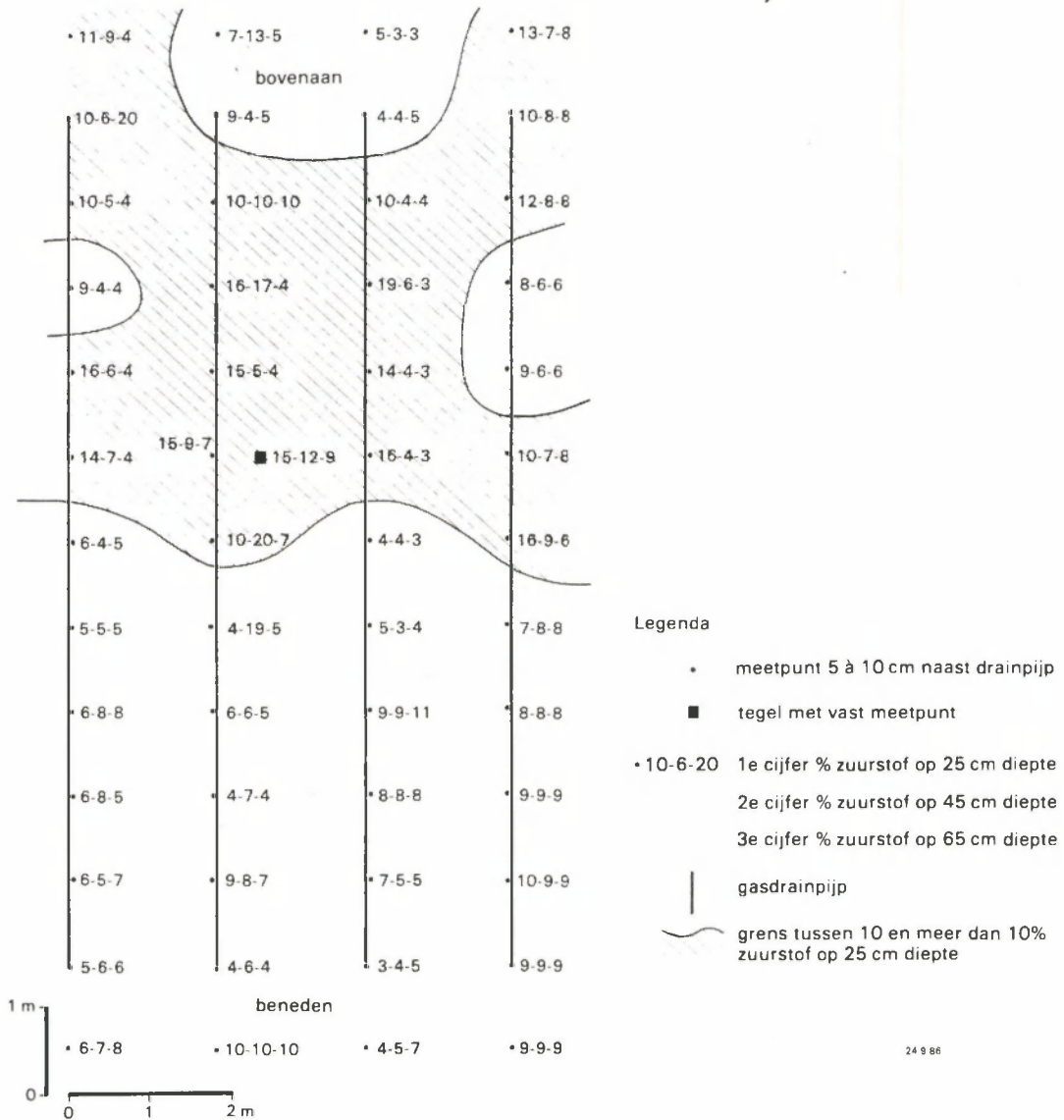


Fig. 7. Vegetatiepatroon binnen veldje 16 (zuidhelling). Alleen het gearceerde deel heeft een dunne bovenlaag waarin beworteling mogelijk is. Het zuurstofgehalte ligt boven de voor plantengroei kritische grens van 10 vol.%.



Veld 9 onderscheidt zich van veldje 16 doordat het zuurstofgehalte systematisch lager ligt (fig. 5). In tegenstelling tot veld 16 is veld 9 evenwijdig aan de hoogtelijnen gedraineerd (veld 16 haaks op de hoogtelijnen). Toch was er een duidelijk positieve reactie van de begroeiing op de drainage in veldje 9 (zie foto 2).

De indruk bestaat dat een vegetatie zich al vestigt, als over een diepte van 10 à 15 cm het zuurstofgehalte groter is dan 6%. Het voortbestaan is dan afhankelijk van het vocht aanbod in het groeiseizoen.



Foto 2. Duidelijke positieve reactie van beplanting op gasdrainage.

Blume (1985) komt tot soortgelijke bevindingen omtrent de concentratie van zuurstof en methaangas. In relatie tot beplantingen zegt hij dat een oppervlakkig wortelende kruidenvegetatie nog kan groeien zelfs bij een methaangehalte van 20% of hoger op slechts 30 cm diepte, mits de bovenste 20 cm van het profiel in het groeiseizoen maar methaanvrij blijven.

Er zijn met de sonde op veldje 9 Zuid op 50 plaatsen zuurstofmetingen verricht. De meetplaatsen liggen regelmatig verdeeld over 4 reeksen evenwijdig met en vlak boven de drains. Elk van de metingen bestaat uit een waarneming op 10 en 20 cm diepte.

In figuur 8 zijn van de metingen op beide diepten frequentieverdelingen gemaakt. Duidelijk komt hierbij naar voren dat bij de ondiepste meting (a) het zuurstofgehalte aanzienlijk vaker boven de kritische grens van 10 vol. % komt dan bij de meting op 20 cm diepte (b).

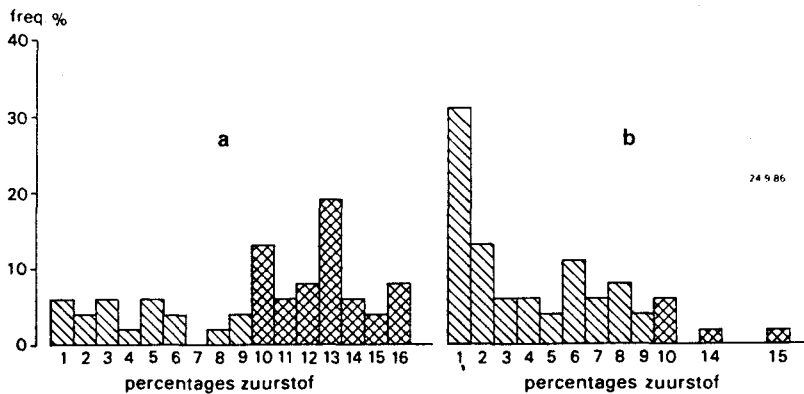


Fig. 8. Frequentieverdeling van 50 zuurstofmetingen op diepte a = 10 en b = 20 cm - maaiveld in de afdeklaag van veldje 9 op de zuidhelling. De metingen zijn uitgevoerd boven de drains.

Dit is ook logisch omdat de afstand waarover bij a zuurstofdif-fusie plaatsvindt korter is. Op 20 cm diepte is nauwelijks een gehalte boven 10 vol.% zuurstof gemeten. Een percentage dat door groenmensen als absoluut minimum wordt aangemerkt voor straatbo-men (Wopereis, 1985). Op 10 cm diepte varieert het zuurstofgehal-te van 1 tot 16%. Echter bij 64% van de metingen ligt het zuur-stofgehalte tussen 10 en 16%. Een zuurstofgehalte van 13% blijkt het meest voor te komen. Op 20 cm diepte (zie fig. 8b) ligt bij de helft van de metingen het zuurstofgehalte beneden 3%. Slechts 10% van de metingen scoort 10 vol.% of hoger. Uit deze frequentie-verdeling blijkt dat er een groot verschil bestaat tussen het zuurstofgehalte op 10 en 20 cm diepte. Ook de verschillen in hori-zontale zin op een bepaalde diepte zijn groot.

Om een indruk te krijgen over de variatie loodrecht op de drains zijn zoals eerder vermeld ook metingen uitgevoerd in twee raaien loodrecht op de drains. Deze metingen zijn uitge-voerd om de 25 cm. Om een indruk te krijgen over de zuurstof-gehalten buiten het veldje zijn de metingen 1 à 1,5 m buiten het proefveldje doorgezet. De resultaten hiervan zijn aange-

geven in figuur 9. Uit deze figuur blijkt, dat het traject boven de gasdrainbuizen duidelijk een hoger zuurstofpercentage heeft dan ernaast. Dit geldt vooral voor het zuurstofgehalte op 10 cm diepte, dat boven de drainbuizen constant op een bepaald niveau blijft. Maar ook op 20 cm diepte is van een duidelijke invloed sprake al verloopt hier de verhoging meer golvend.

Uit het verloop van het zuurstofgehalte in de dwarsdoorsnede blijkt, zoals eerder ook al is geconstateerd, dat de drainage een positieve invloed heeft op het zuurstofgehalte in het bovenste gedeelte van de grond. Er zijn echter uitzonderingen op deze regel zoals in raai B blijkt. Het zuurstofgehalte tussen de laagste drains aan de benedenzijde is namelijk uitzonderlijk laag, zelfs lager of vergelijkbaar met de gehalten buiten het gedraineerde gebied.

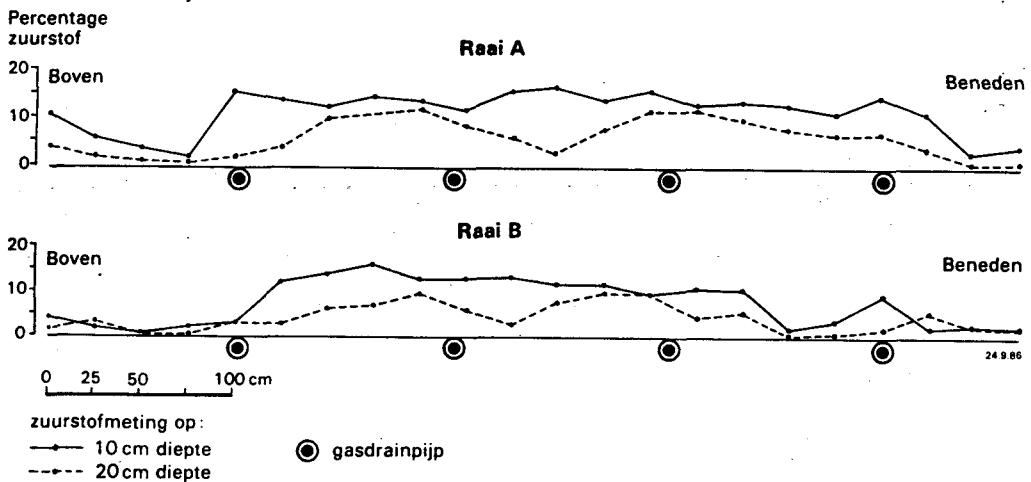


Fig. 9. Verloop van het zuurstofgehalte in veldje 9 (zuidhelling) gemeten in 2 raaien A en B haaks op de drainrichting.

### 3.2 Reactie van beplanting

Een paar maanden na het aanbrengen van de beplanting op en om de gasdrainageproefvelden kon er al een tweedeling gemaakt worden in dode en levende boompjes. De dode boompjes waren uiteraard in het geheel niet uitgelopen en de aanwezige knoppen

verdord. Ze hebben waarschijnlijk te lang met de wortels in een zuurstofarm milieu gestaan zodat ze zijn gestikt door het opstijgend methaangas. Van de boompjes die wel uitgelopen waren, kon in de loop van de zomer een driedeling gemaakt worden in:

- boompjes die de gehele zomer tot diep in de herfst hun blad behielden, aangeduid als "levend"
- boompjes waarvan het blad in de loop van de zomer door vochtgebrek is afgevallen, maar die wel nieuwe knoppen gevormd hadden voor het volgend jaar. Ze worden aangeduid als "slapend".
- boompjes die wel zijn uitgelopen maar in de loop van de zomer zijn doodgegaan voor ze nieuwe knoppen gevormd hadden. Deze duiden we aan als "gesneuveld".

Binnen de levende groep komen allerlei gradaties voor van boompjes met een goede groei tot boompjes met een heel matige groei. Er was een opmerkelijk verschil in groeireactie tussen de beplanting van de noord- en zuidhelling. Aanvankelijk waren de resultaten met de gasdrainage op de zuidhelling beter dan op de noordhelling. Toen echter in de loop van het groeiseizoen een drogere periode inviel, moest de zwaardere beplanting op de zuidhelling met zijn ondiepe beworteling een veer laten. Er zijn toen veel boompjes verdroogd, zodat per saldo de noordhelling qua aantal nog levende boompjes beter uit de bus komt, dan de zuidhelling.

In de tweede helft van oktober, vlak voordat het blad van de bomen begon te vallen, is binnen alle 32 proefvelden het aantal boompjes geteld en is onderscheid gemaakt in dode, levende, slapende en gesneuvelde boompjes. Aangezien het aantal per proefveld verschillend is, is het totale aantal per proefveld op 100% gesteld. Deze aantallen en percentages worden aangegeven in de tabellen 4 en 5.



Tabel 5 Aantallen en percentages dode, gesneuvelde, slapende en levende boompjes in 16 proefvelden op zuidhelling van het stort.

Veld	totaal	dood		gesneuvelde		slapend		levend	
	aantal	aantal	%	aantal	%	aantal	%	aantal	%
1	46	16	34,8	15	32,6			15	32,6
2	28	1	3,5	27	96,0				0
3	28	15	53,6	4	14,3	4	14,3	5	17,8
4	21	19	90,5			2	9,5		0
5	40	30	75,0	7	17,5	3	7,5		0
6	15	6	40,0	3	20,0	5	33,3	1	6,7
7	10					5	50,0	5	50,0
8	25	6	24,0	6	24,0	8	32,0	5	20,0
9	30	9	30,0	4	13,3	14	46,7	3	10,0
10	20	17	85,0	1	5,0			2	10,0
11	15	8	53,3	3	20,0	4	26,7		0
12	24	18	75,0					6	25,0
13	24	19	79,2			3	12,5	2	8,3
14	11	1	9,1	4	36,4	6	54,5		0
15	46	24	52,2	21	45,6	1	2,2		0
16	45	24	53,3	17	37,8	3	6,7	1	2,2
	428	213	50	112	26	58	14	45	11

Legenda      dood; betekent: nooit uitgelopen, gestikt door methaangas

                gesneuveld; betekent: wel uitgelopen maar totaal verdroogd

                slapend; betekent: uitgelopen geweest en blad verdord door droogte,  
                                       maar wel nieuwe knoppen gevormd

                levend; betekent: alle gradaties in vitaliteit van frisgroen tot  
                                       herfsttint





Foto 3. Veld 14 Noord kampt hier nog met moeilijke aanslag in het voorjaar



Foto 4. Veld 14 Zuid met weelderige groei in de zomer

#### 4 RELATIE TUSSEN DE BODEMLUCHTSAMENSTELLING EN REACTIE VAN BEPLANTING

Op het eerste gezicht lijkt er weinig verband te bestaan tussen bodemluchtsamenstelling en reactie van beplanting. Dit wordt vooral veroorzaakt door een secundair verschijnsel dat uitsluitend op de zuidhelling voorkwam, nl. verdroging. Bovendien varieert het gasaanbod op korte afstand binnen een proefveld op beide hellingen zo sterk dat het moeilijk is om dit goed te karakteriseren. Toch reageert de vegetatie spontaan op elk klein plekje met een gunstiger zuurstofgehalte in de laag van 10 à 15 cm beneden maaiveld.

In het onderstaande wordt ingegaan op verschillen tussen noord- en zuidhelling en de grote variabiliteit van voorkomen van gas binnen dezelfde proefplekken.

##### 4.1 Verschil noordhelling en zuidhelling

Aanvankelijk leek het erop dat de aangebrachte beplanting het op de zuidhelling beter zou gaan doen dan op de noordhelling (zie foto 3 en 4 van veld 14 op noord- en zuidhelling).

Dit wordt weerspiegeld in de cijfers, die in de zomer van 1985 zijn verzameld en die zijn weergegeven in tabel 4 en 5. Hieruit blijkt dat op de noordhelling in totaal 71% dode bomen voorkomen tegen op de zuidhelling 50%. Maar bij de telling in oktober 1985 kwamen op de noordhelling 28% levende bomen voor tegen op de zuidhelling slechts 11%. Dit laatste is veroorzaakt doordat op de zuidhelling veel boompjes zijn verdroogd. Door het voorkomen van een grote hoeveelheid methaangas op geringe diepte was de bewortelingsdiepte beperkt.

Al vrij spoedig was de hoeveelheid beschikbaar vocht in de dunne doorwortelbare laag verbruikt en kreeg de beplanting last van verdroging. Hierdoor is in de loop van de zomer 26% "gesneuveld" en






14% is verdroogd maar heeft nog wel nieuwe knoppen gevormd. Deze laatste worden "slapend" genoemd. De vraag is hoeveel van deze 14% er het volgend jaar weer zullen uitlopen. Stel dat ze allemaal weer uitlopen, hetgeen onwaarschijnlijk is, dan zou het aantal levende boompjes volgend jaar maximaal 25% kunnen zijn (11% levend nu + 14% nu slapend). Dit is toch nog altijd lager dan 28% levende exemplaren op de noordhelling. Met andere woorden aan het eind van het seizoen in 1985 was het aantal levende bomen op de noordhelling groter dan op de zuidhelling ondanks de veel slechtere start in het begin van het groeiseizoen (zie foto's veldje 14 noord en zuid). We leiden hieruit af dat er op de noordhelling nog geen verdroging plaats vond terwijl dat op de zuidhelling heel duidelijk wel het geval was (zie tabel 4 noordhelling en tabel 5 zuidhelling). Het resultaat van de proefvelden wordt dus beïnvloed door de expositie t.o.v. de zon (noord- of zuidhelling). Deze verwachting hadden we al bij de aanleg van de proefvelden en wordt dus hiermee bevestigd.

#### 4.1.1 Resultaten noordhelling

Het hoogste percentage levende boompjes (zie tabel 4) komt voor op veld 11, nl. 85%. Ook veld 10 en 12 scoren hoog, beide 80%. Het is dan ook niet toevallig dat veld 11 en 12 de twee enige velden van de noordhelling zijn waarin het zuurstofgehalte op 25 cm diepte eenmaal boven de 10% komt (zie fig. 4). Als we nu de ligging van de drains bekijken, blijkt dat alle drie veldjes nauw gedraineerd zijn (fig. 1). Ze hebben een drainafstand van  $\pm 75$  cm. Hieruit kan men concluderen dat nauwe drainage het beste resultaat geeft qua begroeiing. Op de veldjes 2, 4 en 6 (ook nauw gedraineerd) kwam in oktober echter al geen levende boom meer voor. Daarentegen kwamen op veldje 1, 5 en 7 (wijd gedraineerd) wel levende boompjes voor, in aantal variërend van 5 tot 30%. Hieruit valt af te leiden dat gasdrainage een positieve uitwerking heeft op aanslag en groei van de beplanting, mits de

hoeveelheid uittredend gas draineerbaar is. Uiteraard kan bij intensieve drainage meer gas worden afgevoerd dan bij een wijde drainage. Is echter het gasaanbod uit de ondergrond te groot dan geeft ook nauwe drainage geen of weinig positief resultaat.

Noordhelling a						Zuidhelling b					
		x = Ø 8 cm		• = Ø 10 cm				x = Ø 8 cm		• = Ø 10 cm	
		5 m	10 m	5 m	10 m			5 m	10 m	5 m	10 m
wijd 1.50 m	//	5%	32,5%	5%	7,5%	wijd 1.50 m	//	25%	0%	17,8%	32,6%
	⊥	45%	30%	30%	12,5%		⊥	10%	2,2%	8,3%	0%
nauw 0.75 m	//	60%	0%	0%	80%	nauw 0.75 m	//	0%	20%	50%	10%
	⊥	0%	80%	6%	85%		⊥	0%	0%	6,7%	0%

 loodrecht op de hoogtelijnen    
  evenwijdig aan de hoogtelijnen    
  proefveld no.

Tabel 6. Relatie tussen drainmethodiek en het percentage levende boompjes na één groeiseizoen op de noord- (a) respectievelijk zuidhelling (b)

#### 4.1.2 Resultaten zuidhelling

Veldje 7, dat nauw gedraineerd is, vormt met zijn 50% levende boompjes nog het beste resultaat van de zuidhelling (tabel 5). Dit percentage is aanzienlijk lager dan het hoogste percentage op de noordhelling van 85%. Op de zuidhelling speelt in 1985 veel sterker dan op de noordhelling de hoeveelheid beschikbaar vocht een beslissende rol (vergelijk het aantal gesneuvelde boompjes in tabel 4 en 5). Daardoor ligt het aantal velden waarin geen levende boompjes meer voorkomen op de zuidhelling wel 2 x zo hoog als op de noordhelling.

Veldje 1 en 12, waarin resp. 32,6% en 25% levende boompjes geteld zijn, zijn beide wijd gedraineerd (zie tabel 6b).

Opvallend is dat veldje 16, dat een groot deel van de zomer het meest belovende veldje van de gehele zuidhelling was (zie foto 5), bij de opname in oktober nog slechts 2,2% levende bomen telde en 37,8% "gesneuveld". Tijdens de laatste opname blijkt dat het zuurstofgehalte tot minstens 25 cm diepte boven 10% ligt. Dit is voor beworteling ruimschoots voldoende. Toch zijn in dit veldje nagenoeg alle aanvankelijk levende boompjes omgekomen als gevolg van vochtgebrek. De zuidhelling zou daarom, wanneer deze in 1985 berekend was, een beter resultaat gegeven hebben dan de noordhelling waar geen verdroging is opgetreden.

#### 4.2 Grote variabiliteit in gasaanbod

Op vier verschillende veldjes is bij de vaste meetopstellingen met de sonde het zuurstofgehalte gemeten vanaf 10 cm diepte en vervolgens om de 5 cm tot draindiepte (65 cm). De vier bemonsterde veldjes zijn 11 en 12 op de noordhelling en 9 en 16 op



Foto 5. Veldje 16 zuidhelling. Deels zeer weelderige groei en deels kaal. Zie ook figuur 4.

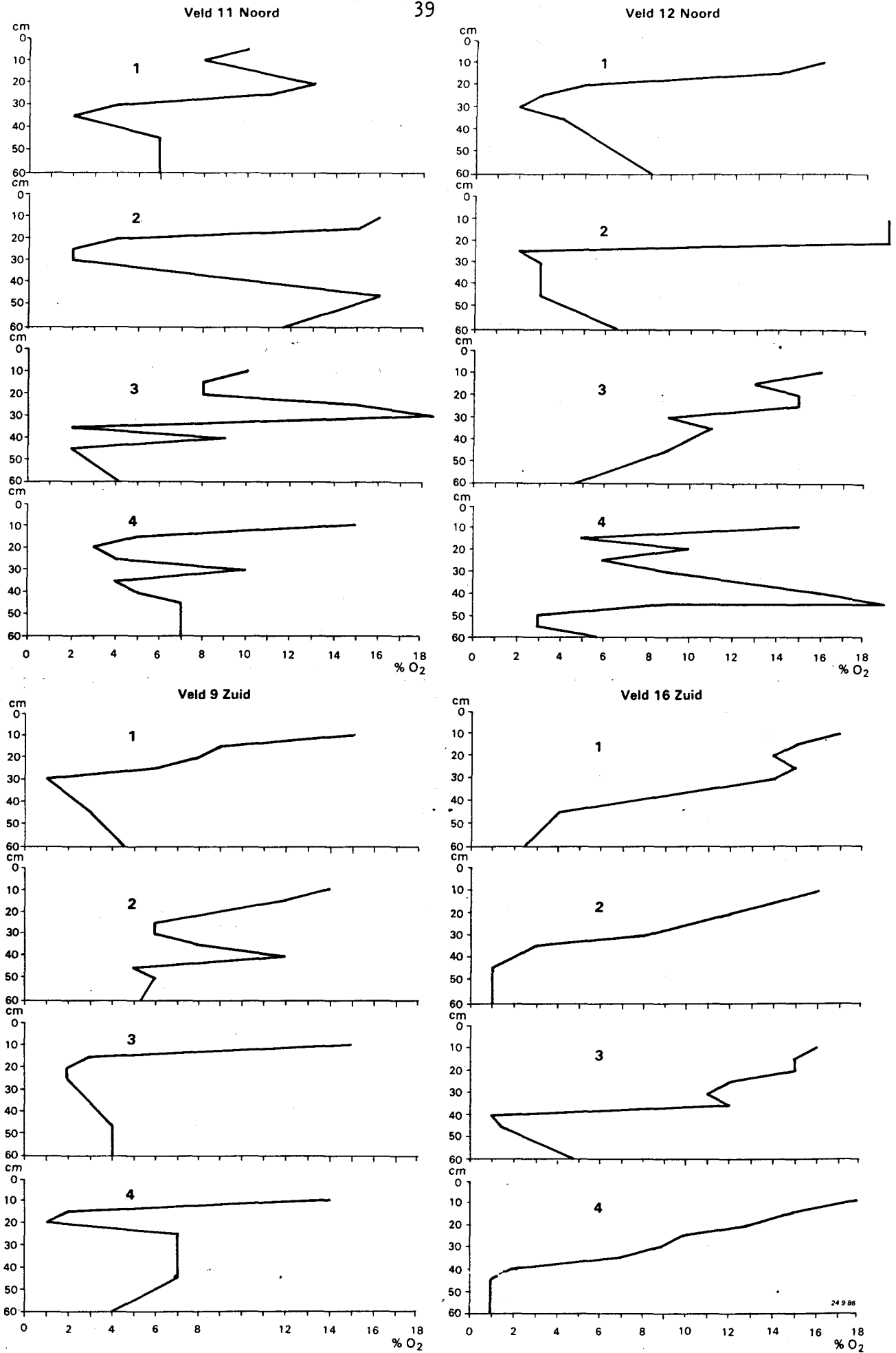


Fig. 10. Momentopname van het verloop van het zuurstofgehalte met de diepte op 4 proefveldjes. De metingen 1 t/m 4 liggen in vierkantsverband met zijden van 30 cm gecentreerd rond de vaste meetopstelling

de zuidhelling. De metingen zijn uitgevoerd op de hoekpunten van een tegel (maximaal 30 cm van elkaar). Het resultaat van deze metingen is aangegeven in figuur 10.

Over het algemeen geldt dat het zuurstofgehalte met de diepte geleidelijk afneemt. Dit wordt zeer fraai weergegeven door drie van de vier verlopen in veld 16 zuid (fig. 10).

Bij verloopje no. 3 in veld 16 neemt vanaf 40 cm diepte het zuurstofgehalte weer toe. Mogelijk is hier sprake van zuurstofdiffusie via de drain die op 65 cm diepte ligt.

Iets dergelijks speelt waarschijnlijk ook bij veldje 9 zuid (verloop 1), veldje 11 noord (verloop 3) en veldje 12 noord (verlopen 1, 2 en 4).

De grillige uitschieters naar 20% zuurstof bij verloop 3 van veldje 11 en verloop 4 van veldje 12 worden waarschijnlijk veroorzaakt doordat met de sonde een breuk in de deklaag is aangesneden die rechtstreeks in contact staat met de buitenlucht.

## 5. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Uit metingen van het zuurstofgehalte en de reactie van de beplanting in 1985 kan men de volgende conclusies trekken over de invloed van gasdrainage in de afdeklaag van een vuilstort:

- Het zuurstofgehalte op een bepaalde plaats en diepte blijkt in de loop van een groeiseizoen nogal te variëren (tabel 2, en 3 en fig. 4 en 5). Op de noordhelling ligt het gehalte op 25 cm diepte meestal lager dan op de zuidhelling. Zowel op de zuid- als noordhelling komen praktisch geen aaneengesloten periodes voor met zuurstofgehalten  $>10\%$ , hetgeen een noodzaak is voor een goede plantengroei.
- Het zuurstofgehalte blijkt op korte afstand (hoekpunten van een trottoirtegel) zowel in horizontale als in verticale zin sterk te variëren (fig.10). De waarnemingen van een vaste meetopstelling kunnen zelfs dus niet representatief worden gesteld voor relatief kleine proefvelden ( $\pm 11$  à  $45 \text{ m}^2$ ).
- Momentopnamen van het zuurstofgehalte met een draagbare sonde op een groot aantal plaatsen binnen enkele proefvelden tonen aan dat het zuurstofgehalte sterk kan variëren. Soms kunnen duidelijke gebiedjes binnen één proefveld worden afgegrensd waar het zuurstofgehalte op een bepaalde diepte groter of kleiner is dan  $10\%$ . Dit kwam in de ontwikkeling van de kruidenvegetatie duidelijk tot uitdrukking.
- Uit de ontwikkeling van de kruidenlaag op een bepaald veldje kwam naar voren dat het zuurstofgehalte op 25 cm diepte niet maatgevend hoeft te zijn. Een toereikend zuurstofgehalte op 10 cm diepte is soms al voldoende (fig. 8 en foto 2).
- Uit enkele incidentele vergelijkingen tussen het zuurstofgehalte op een bepaald proefveld en daarbuiten bleek dat de gasdrainage over het algemeen een verhoging van het zuurstofgehalte tot gevolg heeft (fig. 9).
- De afgevoerde gassen uit de drains zijn ontvlambaar. Op sommige veldjes is de hoeveelheid gas zo groot, dat eenmaal aangestoken de vlam wordt onderhouden en soms moeilijk is te doven. Hieruit blijkt dat de drains daadwerkelijk functioneren.

- Uit tellingen van het aantal levende en dode boompjes blijkt dat er een duidelijk verschil is tussen de noord- en de zuidhelling. Aanvankelijk was de vitaliteit op de zuidhelling groter dan op de noordhelling. Aan het eind van het groeiseizoen bleek echter het aantal levende boompjes op de noordhelling groter te zijn dan op de zuidhelling (resp. 28 en 11%). Op de zuidhelling zijn door grotere vochtbehoefte als gevolg van de hogere zoninstraling tijdens het groeiseizoen nogal wat boompjes verdroogd (40%: 26% gesneuveld + 14% slapend; op de noordhelling slechts 1%).  
Een deel van deze boompjes heeft nog wel knoppen gevormd die mogelijk in het daaropvolgende groeiseizoen weer kunnen uitlopen.
- Aangeplante boompjes blijken dus niet alleen te sterven door zuurstofgebrek maar ook door vochttekort (secundair effect). Dit wordt uiteraard wel geïnduceerd door een laag zuurstofgehalte waardoor de beworteling ondiep blijft met als gevolg een geringe hoeveelheid beschikbaar bodemvocht. Dit effect is op de zuidhelling veel groter dan op de noordhelling en in de vochtige zomer van 1985 dus daarom ook alleen maar merkbaar op de zuidhelling.

Samenvattend kunnen we concluderen dat wanneer het gasaanbod niet al te groot is, drainbuizen een gunstige invloed kunnen uitoefenen op de zuurstofvoorziening in de afdeklaag. Uiteraard geeft een nauwere drainafstand een beter resultaat dan een wijde. Bij een groot aanbod van stortgas geeft zelfs een drainafstand van ca. 75 cm nog onvoldoende resultaat.

Een nog geringere onderlinge afstand dan de toch al nauwe afstand van 75 cm kan niet meer tot de praktische oplossingen worden gerekend. Hetzelfde geldt voor kunstmatige watervoorziening van de ondiep wortelende boompjes tijdens perioden van droogten. Dit is praktisch moeilijk te verwezenlijken (o.a. hellingprobleem) en kan zelfs leiden tot zuurstofgebrek wanneer na de droge periode weer veel neerslag valt. Bovendien zal de verankering van de boompjes te wensen overlaten.

Het gasdrainagesysteem waarover in dit rapport wordt gerapporteerd biedt dus onvoldoende garantie voor het in leven houden

en laten groeien van een voldoende aantal aangeplante boompjes op de afdeklaag van een vuilstort waaruit stortgas vrijkomt. Men zal een systeem moeten ontwerpen waarbij praktisch geen gas in het bewortelde deel van de afdeklaag komt. Mogelijk biedt afdichting van de stort met folie of sterk verdichte leem waarop de afdeklaag wordt aangebracht meer perspectief. Dit systeem functioneert overigens alleen maar als het stortgas op de een of andere manier kan ontwijken of wordt afgezogen en het neerslagoverschot onderin in de afdeklaag via drains in een grovere laag wordt afgevoerd.

Puur vanuit het oogpunt van onderzoek is het nuttig om de drainageproef incidenteel nog te volgen. De conclusies berusten namelijk op veldwaarnemingen gedurende slechts een groeiseizoen. Het is met name interessant of de zogenaamde "slapende" boompjes nog uitlopen en hoe de beplanting zich houdt gedurende een drogere zomer als 1985.



## LITERATUUR

- Beker, D., 1981. Gasontwikkeling op vuilstortplaatsen. Publikatie 48. Stichting Verwijdering Afvalstoffen, Amersfoort.
- Blume, H.P. und D. Mouimou, 1985. Wasser- und Gasdynamik von Deponieböden. Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 43/II, 821-825.
- Voort, W.J.M. van der, 1986. Nieuwe sonde voor bemonstering van bodemlucht. (Cultuurtechnisch Tijdschrift, jrg. 26, 1, pag. 49-52.
- Wopereis, F.A. en J.M.J. Dekkers, 1983. Bodemkundig onderzoek RAZOB Vuilstort Nuenen. Rapport nr. 1701. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
- Wopereis, F.A. 1985. Stortgas een bedreiging voor beplanting op vuilstorten. Groen, 41<sup>e</sup> jaargang nr. 6, blz. 26-29. S.I. Publicaties B.V. Bussum.